

POWER MODULE HAVING IMPROVED TRANSIENT THERMAL IMPEDANCE

Publication number: DE10062108

Publication date: 2002-06-27

Inventor: TADROS YEHIA (DE); THOBEN MARKUS (DE); PALM GERHARD (DE)

Applicant: DAIMLER CHRYSLER AG (DE)

Classification:

- international: H01L25/07; H01L23/373; H01L25/18; H01L25/07;
H01L23/34; H01L25/18; (IPC1-7): H01L23/051;
H01L23/10

- European: H01L23/373L

Application number: DE20001062108 20001213

Priority number(s): DE20001062108 20001213

Also published as:

WO0249104 (A3)

WO0249104 (A2)

US6812559 (B2)

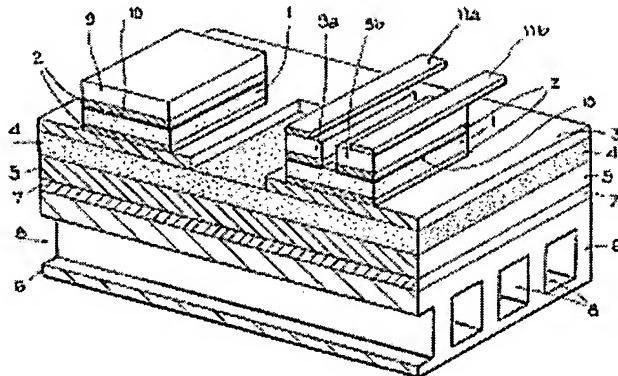
US2004056346 (A1)

EP1364402 (A0)

[Report a data error here](#)

Abstract of DE10062108

The invention relates to an electronic power module consisting of at least one electronic power component, a DCB ceramic substrate, a cooling body and at least one additional heat capacitor. According to the invention, a) the electronic power components are connected, on their lower layer, to the upper copper layer of the DCB ceramic substrate by means of a sintered layer, b) the upper copper layer of the DCB ceramic substrate is structured in the form of copper strip conductors for electrically contacting the power components, c) the lower copper layer of the DCB ceramic substrate is connected to a cooling body by means of a sintered layer, and d) the upper sides of the power components are connected to an additional heat capacitor by means of a sintered layer.



Data supplied from the [esp@cenet](#) database - Worldwide

(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) Offenlegungsschrift
(10) DE 100 62 108 A 1

(51) Int. Cl. 7:
H 01 L 23/051
H 01 L 23/10

(71) Anmelder:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Tadros, Yehia, Dr.-Ing., 13465 Berlin, DE; Thoben,
Markus, Dipl.-Ing., 63071 Offenbach, DE; Palm,
Gerhard, 38173 Sickte, DE

(56) Entgegenhaltungen:

DE	34 14 065 A1
US	59 66 291
US	57 86 230
US	56 54 586
EP	02 42 626 B1
WO	99 19 906 A2

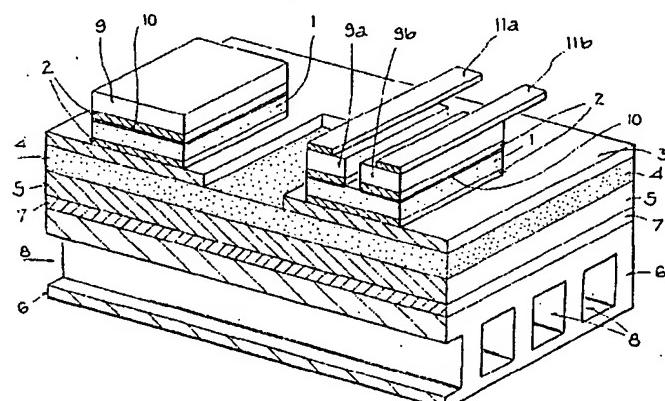
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Leistungsmodul mit verbessertem transienten Wärmewiderstand

(57) Ein erfindungsgemäßes elektronisches Leistungsmodul besteht aus mindestens einem elektronischen Leistungsbaulement, einem DCB-Keramiksubstrat, einem Kühlkörper und mindestens einer zusätzlichen Wärmekapazität, wobei

- a) die elektronischen Leistungsbaulemente über eine Sinterschicht an ihrer Unterseite mit der oberen Kupferschicht des DCB-Keramiksubstrates verbunden sind,
- b) die obere Kupferschicht des DCB-Keramiksubstrates zur elektrischen Kontaktierung der Leistungsbaulemente in Kupferleiterbahnen strukturiert ist,
- c) die untere Kupferschicht des DCB-Keramiksubstrates über eine Sinterschicht mit einem Kühlkörper verbunden ist,
- d) die Oberseiten der Leistungsbaulemente über eine Sinterschicht mit einer zusätzlichen Wärmekapazität verbunden sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Aufbau aus einem elektronischen Leistungbauelement, wie z. B. einem Hochleistungsumrichter, einem IGBT, einem Leistungs-MOSFET, Leistungsdioden oder Kombinationen von Leistungsbauelementen auf einer DCB-Keramik. Die DCB-Keramik des Leistungsbauelementes wird direkt mit einem Kühlkörper gekühlt, um die Verlustleistung des Leistungsbaulements abzuführen.

[0002] Um den Wärmewiderstand zwischen Leistungsbauelement und elektrischer Kontaktsschicht zu verringern hat man in der EP 0 242 626 B1 vorgeschlagen, die Leistungsbauelemente an ihrer Unterseite mit einer Paste zu versehen, die in einem Lösungsmittel ein Metallpulver, vorzugsweise ein Silberpulver enthält, und diese vorbehandelten Leistungsbauelemente mit Hilfe eines Drucksinterverfahrens mit einer flächig ausgebildeten Kontaktsschicht zu verbinden. Durch die flächig ausgebildeten Kontakte sowie durch die Verwendung von hochwärmeleitfähigem Silber zu Kontaktierung konnte der Wärmeübergang zwischen Leistungsbauelement und Kontaktierungsschicht verbessert werden.

[0003] Weitere Verbesserungen der Kühlung von Leistungsbauelementen gelangen in der Vergangenheit mit sogenannten DCB-Keramiken (DCB = Direct Copper Bonding). In der DE 197 00 963 A1 wird hierzu vorgeschlagen auf ein beidseitig mit Kupfer kaschiertes Keramiksubstrat die Leistungsbauelemente auf die Oberseite der DCB-Keramik zu löten und die Unterseite der DCB-Keramik auf eine als Schaltungsträger wirkende Metallplatte zu löten. Diese Metallplatte gibt die Verlustwärme an ein angeschlossenes Kühlsystem weiter. Die obere Kupferschicht der DCB-Keramik wird strukturiert (unterbrochen) wodurch Leiterbahnen zur Kontaktierung der Leistungsbauelemente an ihrer Unterseite gebildet werden. Die weitere Kontaktierung der Leistungsbauelemente erfolgt an deren Oberseite mit Bonddrähten.

[0004] Wollte man die Vorteile beider vorbeschriebenen Prozesse, einmal das Drucksintern von Leistungsbauelementen auf eine Kontaktierungsschicht und zum anderen das Auflöten einer DCB-Keramik auf eine Metallplatte zur weiteren Verbindung der Metallplatte an ein Kühlsystem miteinander kombinieren, so müßten mindestens zwei verschiedene Prozeßtechnologien für den Aufbau eines Leistungsbaulements eingesetzt werden, nämlich Drucksintern und Löten. Zur Herstellung der Verbindung an ein Kühlsystem wird in der Regel noch eine weitere Prozeßtechnologie notwendig, da die metallische Grundplatte des Leistungsbaulements in herkömmlicher Weise mit einer Wärmeleitungspaste an das Kühlsystem angeschlossen wird. Der Einsatz mehrerer, verschiedener Prozeßtechnologien in der Aufbau- und Verbindungstechnik von Leistungsbauelementen macht den Herstellungsprozeß der Leistungsbauemente jedoch aufwendig und teuer.

[0005] Ausgehend von dem vorbeschriebenen Stand der Technik stellt sich die erfindungsgemäße Aufgabe ein Leistungsmodul mit einem verbesserten thermischen Verhalten anzugeben, das gegenüber thermischen Lastwechseln weitgehend unempfindlich ist.

[0006] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Leistungsmodul, dessen Aufbau lediglich mit dem Drucksinterverfahren verbunden ist. Zur zusätzlichen Verbesserung des transienten thermischen Verhaltens werden die Leistungsbauelemente mit zusätzlichen Wärmekapazitäten bestückt.

[0007] Ein erfindungsgemäßes elektronisches Leistungsmodul besteht aus mindestens einem elektronischen Le-

stungsbauelement, einem DCB-Keramiksubstrat, einem Kühlkörper und mindestens einer zusätzlichen Wärmekapazität, wobei

- 5 a) die elektronischen Leistungsbauelemente über eine Sinterschicht an ihrer Unterseite mit der oberen Kupferschicht des DCB-Keramiksubstrates verbunden sind,
- 10 b) die obere Kupferschicht des DCB-Keramiksubstrates zur elektrischen Kontaktierung der Leistungsbauelemente in Kupferleiterbahnen strukturiert ist,
- 15 c) die untere Kupferschicht des DCB-Keramiksubstrates über eine Sinterschicht mit einem Kühlkörper verbunden ist,
- 20 d) die Oberseiten der Leistungsbauelemente über eine Sinterschicht mit einer zusätzlichen Wärmekapazität verbunden sind.

[0008] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Leistungsmoduls sind in den Unteransprüchen enthalten.

[0009] Mit der Erfindung werden hauptsächlich die folgenden Vorteile erzielt:

Durch den Verzicht auf eine metallische Grundplatte, die im herkömmlichen Modulaufbau von Leistungsmodulen eingesetzt wird, um das Modul auf einen Kühlkörper zu montieren, wird die Wärmeabfuhr der Verlustwärme aus den Leistungsbauelementen in den Kühlkörper verbessert. Die direkte Verbindung der DCB-Keramik mit einem Kühlkörper verbessert den stationären thermischen Widerstand des erfindungsgemäßen Leistungsmoduls gegenüber herkömmlichen Aufbauten um bis zu 50%.

[0010] Durch das verringerte Volumen des Aufbaus aufgrund des Verzichts auf eine herkömmliche Grundplatte, verringert sich auch die Wärmekapazität des Aufbaus, was für das transiente thermische Verhalten von Bedeutung ist. Um die verbesserten Wärmedurchgänge des erfindungsgemäßen Leistungsmoduls auch bei transienten Wärmelastungen optimal auszunutzen, enthält das Leistungsmodul zusätzlich Wärmekapazitäten an der Oberfläche der Leistungsbauelemente. Hierdurch werden kurzzeitig auftretende Spitzenwerte der thermischen Verlustleistung in den Wärmekapazitäten zwischengepuffert und dadurch das transiente thermische Verhalten des Leistungsmoduls verbessert. Durch die direkt an den Leistungsbauelementen angeordneten Wärmekapazitäten wird der transiente thermische Widerstand des Leistungsmoduls um 25-30% verringert, vorzugsweise halbiert.

[0011] Die durchgehende Verwendung des Drucksinterverfahrens als Verbindungstechnik für den Aufbau des Leistungsmoduls erhöht gegenüber einem in konventioneller Löttechnik aufgebauten Leistungsmodul entscheidend dessen Lastwechselfestigkeit gegenüber thermischen Lastwechseln. Bei thermischen Lastwechseln im Temperaturbereich von minus 55°C bis 125°C kann mit einem in Drucksinterverbindungstechnik aufgebauten Leistungsmodul eine Steigerung der Lastwechselfestigkeit um mindestens dem Faktor 12 gegenüber einem im Lötverbindung aufgebauten Leistungsmodul erzielt werden.

[0012] Im Gegensatz zu Weichlötprozessen entsteht die Sinterverbindung infolge einer Festkörperreaktion. Das hat zur Folge, daß die Drucksinterverbindung, die bei einer Prozesstemperatur im Bereich von 215°C bis 250°C hergestellt wird, bei gleichen oder sogar deutlich höheren Betriebstemperaturen eingesetzt werden kann. Einerseits ist daher eine nachfolgende Montage von Komponenten bei gleicher Prozesstemperatur möglich, so daß Probleme wie das Löten mit Löten unterschiedlicher Schmelztemperatur entfallen. An-

dererseits ist die Drucksintertechnik auch für den Aufbau zukünftiger Leistungsbauelementgenerationen auf SiC-Basis (Siliziumkarbid-Basis) einsetzbar, ohne daß hierzu Modifikationen in der Prozeßtechnologie notwendig sind.

[0013] Ein weiterer Vorteil liegt in der Qualität einer Drucksinterverbindung. Insbesondere bei großen Flächen sind in Lötverbindungen oftmals Lunker (Lufteinschlüsse) vorhanden. Teilweise nehmen die Lunker bis zu 50% der Lotverbindung ein und verursachen somit einen Anstieg des thermischen Widerstandes. Die Drucksinterverbindung läßt sich dagegen auch für große Flächen mit geringer Schichtdicke von kleiner 30 Mikrometern in lunkerfreier Qualität fertigen.

[0014] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand von Zeichnungen dargestellt und näher erläutert. Es zeigen:

[0015] Fig. 1 einen schematischen Aufbau eines wassergekühlten erfindungsgemäßen Leistungsmoduls mit oberseitig montierten Wärmeleitfähigkeiten aus Molybdaen,

[0016] Fig. 2 einen schematischen Aufbau eines wassergekühlten erfindungsgemäßen Leistungsmoduls mit oberseitig montierter DCB-Keramik,

[0017] In Fig. 1 sind zwei elektronische Leistungsbauelemente 1, vorzugsweise Halbleiterleistungsbauelemente, mit einer Drucksinterschicht 2 auf einer Kupferschicht 3 aufgebracht. Die Kupferschicht 3 dient der elektrischen Kontaktierung der Leistungsbauelemente an deren Unterseite. Hierzu kann die Kupferschicht zur Ausbildung mehrerer getrennter Leiterbahnen strukturiert oder unterbrochen sein. Dadurch können auch mehrere Leistungsbauelemente unabhängig von einander kontaktiert werden. Die Kupferschicht 3 ist Bestandteil einer Sogenannten DCB-Keramik (Direct Copper Bonding Keramik). Die DCB-Keramik besteht aus einer oberen Kupferschicht 3, einer Keramischicht 4 und einer unteren Kupferschicht 5. Die Keramischicht 4 ist beispielsweise aus Aluminiumoxid, vorzugsweise aus Al_2O_3 , gebildet. Die untere Kupferschicht dient der weiteren Verbindung des Aufbaus mit einem Kupferkühlkörper 6. Auch diese Verbindung wird mit einer weiteren Drucksinterschicht 7 hergestellt. Vorzugsweise ist der Kupferkühlkörper mit Kühlkanälen 8 ausgestaltet, so daß auch hohe Verlustleistungen mit einem Kühlmedium, das in den Kühlkanälen fließt, abgeführt werden können. Der Kupferkühlkörper 6 übernimmt hauptsächlich die stationäre Kühlung der Leistungsbauelemente 1. Für kurzzeitig auftretende transiente Wärmelastungen der Leistungsbauelemente sind an der Oberseite der Leistungsbauelemente zusätzliche Wärmeleitfähigkeiten 9, 9a, 9b angebracht. Auch diese Wärmeleitfähigkeiten sind mit einer Drucksinterschicht 10 auf den Leistungsbauelementen 1 angebracht. In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Wärmeleitfähigkeiten 9 aus Molybdaen gefertigt.

[0018] Die Drucksinterverbindungsschichten 2, 7, 10 werden hergestellt, indem auf mindestens eine der jeweilig zu verbindenden Flächen ein in einem Lösungsmittel aufgeschämmtes Silberpulver aufgebracht wird. Anschließend wird das Aufschämmittel bei einer Temperatur von 150°C bis 250°C verdampft. Die zu verbindenden Flächen werden aufeinander gelegt und die Silberschicht wird bei 215°C bis 250°C und 40 MPa über eine Dauer von 1 bis 2 Minuten in einer Presse versintert. In der Presse wird der Druck über einen Silikonkautschuk an die Bauelemente angekoppelt um hydrostatische Verhältnisse zu erreichen.

[0019] Die zu verbindenden Flächen müssen für die Anwendung von Drucksinterverfahren oxydfrei sein. Es empfiehlt sich deshalb vor dem Verbinden der Flächen eine entsprechende Behandlung der Flächen um eventuell vorhandene Oxydschichten zu entfernen. Ein andere Möglichkeit

ist es, die miteinander zu verbindenden Bauteile jeweils mit einer Edelmetallschicht, wie Silber oder Gold, zu metallisieren. Ein Vergoldung verhindert zuverlässig auch über eine längere Lagerzeit der einzelnen Bauteile das Entstehen von Oxydschichten auf den Oberflächen der Bauteile. In einer besonders bevorzugten Ausführung eines Leistungsmoduls sind deshalb, die Leistungsbauelemente 1, die DCB-Keramik 3, 4, 5, der Kupferkühlkörper 6 sowie die Wärmeleitfähigkeiten 9, 9a, 9b, 12 jeweils vergoldet.

[0020] Zur weiteren Kontaktierung der Leistungsbauelemente an deren Oberseite können auf die Wärmeleitfähigkeiten 9, 9a, 9b elektrische Kontakte 11a, 11b angebracht sein. Falls mehrere Kontakte an der Oberseite angebracht werden sollen, empfiehlt es sich, auch mehrere getrennte Wärmeleitfähigkeiten an der Oberseite anzubringen, da ansonsten die verschiedenen Kontakte 11a, 11b durch eine einzige Wärmeleitfähigkeit aus Molybdaen kurzgeschlossen würden. Die zusätzlichen Kontakte an der Oberseite des Leistungsmoduls können in herkömmlicher Bonddrahttechnologie ausgeführt werden. Ein Aufschmelzen der Drucksinterschichten im Leistungsmodulaufbau ist hierbei, wie eingangs erläutert, nicht zu befürchten. Wann immer möglich empfiehlt sich jedoch auch für die Kontakte 11a, 11b die Drucksinter-technik. In der Fig. 1 sind die oberen elektrischen zusätzlichen Kontakte 11a, 11b deshalb als Kupferlaschen ausgebildet, die ebenfalls im Drucksinterverfahren mit dem Leistungsmodul verbunden sind. Auf eine Darstellung der herkömmlichen Bonddrahtkontakte wurden verzichtet. Flächige Drucksinterverbindungen der Kupferlaschen an den Molybdaen-Wärmeleitfähigkeiten fördern zusätzlich die Wärmeleitung aus den Wärmeleitfähigkeiten in die Kupferlaschen.

[0021] In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 sind die drei getrennten Molybdaen-Wärmeleitfähigkeiten aus Fig. 1 durch eine einteilige Wärmeleitfähigkeit 12 in Form einer DCB-Keramik ersetzt. Auch diese DCB-Keramik ist aus einer unteren Kupferschicht 13, einer Keramischicht 14 und einer oberen Kupferschicht 15 gebildet. Auch in diesem Ausführungsbeispiel ist die einteilige Wärmeleitfähigkeit 12 mit Drucksinterschichten 10 an der Oberseite der elektronischen Leistungsbauelemente 1 angebracht. Zur Kontaktierung der Leistungsbauelemente 1 an deren Oberseite, kann die untere Kupferschicht 13 der DCB-Keramik strukturiert und unterbrochen sein, so daß in der Kupferschicht Leiterbahnen zur getrennten Kontaktierung der Leistungsbauelemente gebildet werden. Die Ausbildung einer cincitlichen Wärmeleitfähigkeit hat Vorteile beim Aufbau des Leistungsmoduls, da lediglich ein Bauteil mit der Oberseite der Leistungsbauelemente verbunden werden muß. Der Einsatz der oberseitig montierten DCB-Keramik zur elektrischen Verschaltung der Leistungsbauelemente ergibt zudem eine niederinduktive Kontaktierung der Leistungsbauelemente, so daß Schaltverluste vermindert werden und die Schaltzeiten der Leistungsbauelemente verkürzt werden. Die DCB-Keramiken sind bevorzugt mit Aluminium-Silizium-Karbid ($\text{Al}-\text{SiC}$) Keramiken gebildet.

[0022] Laborversuche haben ergeben, daß für die Molybdaen-Wärmeleitfähigkeiten aus dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 Schichtdicken von 2 Millimetern bis 3 Millimetern besonders vorteilhaft sind. Mit Molybdaen-Wärmeleitfähigkeiten einer Stärke von 2 Millimetern läßt sich sowohl der transiente thermische Widerstand, als auch der stationäre thermische Widerstand, eines erfindungsgemäßen Leistungsmoduls im Vergleich zu einem herkömmlich aufgebauten Leistungsmodul in Lötverbindungstechnik und ohne zusätzliche Wärmeleitfähigkeiten halbiert. Der transiente thermische Widerstand ist hierbei definiert als das Verhältnis des maximalen Temperaturhubes des Leistungsbauelementes bei ei-

ner transienten Wärmelastung zur zeitlichen gemittelten stationären Verlustleistung. Die Halbierung der thermischen Widerstände erlaubt die Verdoppelung der Verlustleistungsdichte, mit der der erfundungsgemäße Leistungsmodul im Vergleich mit einem herkömmlichen Leistungsmodul betrieben werden kann.

[0023] Auch mit der oberseitig angeordneten Wärmekapazität aus DCB-Keramik entsprechend dem Ausführungsbeispiel der Fig. 2 werden die thermischen Widerstände deutlich verbessert. Um für eine Wärmekapazität aus DCB-Keramik eine Halbierung der thermischen Widerstände zu erzielen, muß jedoch zwischen der oberseitig angeordneten DCB-Keramik und den Leistungsbauelementen eine 0,8 Millimeter starke Molybdaenschicht angebracht werden.

[0024] Ein im Drucksinterverfahren aufgebautes Leistungsmodul ist besonders geeignet zum Einsatz in hohen Umgebungstemperaturen und bei Umgebungsbedingungen, bei denen viele thermische Lastwechsel stattfinden. Eine Umgebung mit für Halbleiterbauelemente hohen Temperaturen und mit häufigen thermischen Lastwechseln findet sich beispielsweise in der unmittelbaren Umgebung einer Verbrennungsmaschine, beispielsweise im Motorraum eines Kraftfahrzeugs. In dieser Anwendung sind die Leistungsbauelemente vorteilhafterweise SiC-Leistungsbaulemente. Siliziumkarbid basierte Halbleiterbauelemente weisen die notwendige thermische Stabilität für Hochtemperaturanwendungen bis ca 250°C auf.

Patentansprüche

1. Elektronisches Leistungsmodul bestehend aus mindestens einem elektronischen Leistungsbaulement (1), einem DCB-Keramiksubstrat (3, 4, 5), einem Kühlkörper (6) und mindestens einer zusätzlichen Wärmekapazität (9, 9a, 9b, 12), wobei
 - a) die elektronischen Leistungsbaulemente (1) über eine Sinterschicht (2) an ihrer Unterseite mit der oberen Kupferschicht (3) des DCB-Keramiksubstrates verbunden sind,
 - b) die obere Kupferschicht (3) des DCB-Keramiksubstrates zur elektrischen Kontaktierung der Leistungsbaulemente (1) in Kupferleiterbahnen strukturiert ist,
 - c) die untere Kupferschicht (5) des DCB-Keramiksubstrates über eine Sinterschicht (7) mit einem Kühlkörper verbunden ist,
 - d) die Oberseite der Leistungsbaulemente (1) über eine Sinterschicht (10) mit mindestens einer zusätzlichen Wärmekapazität (9, 9a, 9b, 12) verbunden sind.
2. Leistungsmodul nach Anspruch 1, bei dem die Sinterschichten (2, 7, 10) im Drucksinterverfahren bei Temperaturen im Bereich von 210°C bis 250°C und einem Druck von 40 Megapascal hergestellt sind.
3. Leistungsmodul nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die zusätzlichen Wärmekapazitäten (9, 9a, 9b) aus Molybdaen sind.
4. Leistungsmodul nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die zusätzliche Wärmekapazität (12) eine DCB-Keramik ist.
5. Leistungsmodul nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die zusätzliche Wärmekapazität (9, 9a, 9b, 12) aus dem Verbundwerkstoff AlSiC gebildet sind.
6. Leistungsmodul nach Anspruch 4, bei dem zwischen der Wärmekapazität (12) und den Leistungsbaulementen (1) jeweils eine Molybdaenschicht angeordnet ist.
7. Leistungsmodul nach Anspruch 1 oder 2, dadurch

gekennzeichnet, daß die Leistungsbaulemente (1) jeweils über die zusätzlichen Wärmekapazität (9, 9a, 9b, 12) an ihrer Oberseite kontaktiert werden.

8. Leistungsmodul nach Anspruch 7, bei dem die Kontaktierung der Leistungsbaulemente (1) an ihrer Oberseite mittels Bonddrahtkontakteierung erfolgt.
9. Leistungsmodul nach Anspruch 7, bei dem die Kontaktierung der Leistungsbaulemente (1) mittels Kupferlaschen (11a, 11b) erfolgt, die mit einer Sinterschicht mit den zusätzlichen Wärmekapazitäten (9a, 9b) verbunden sind.
10. Leistungsmodul nach Anspruch 7, bei dem die Kontaktierung der Leistungsbaulemente (1) mittels der unteren Kupferschicht (13) der zusätzlichen Wärmekapazität (12) erfolgt, die als DCB-Keramik ausgebildet ist.
11. Leistungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem der Kühlkörper (6) ein Kupferkühlkörper ist.
12. Leistungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem der Kühlkörper (6) zusätzlich Kühlkanäle (8) aufweist, in denen ein Kühlmedium zur Aufnahme der Verlustwärme der Leistungsbaulemente (1) fließt.
13. Leistungsmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem die Leistungsbaulemente (1) SiC-Leistungsbaulemente sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

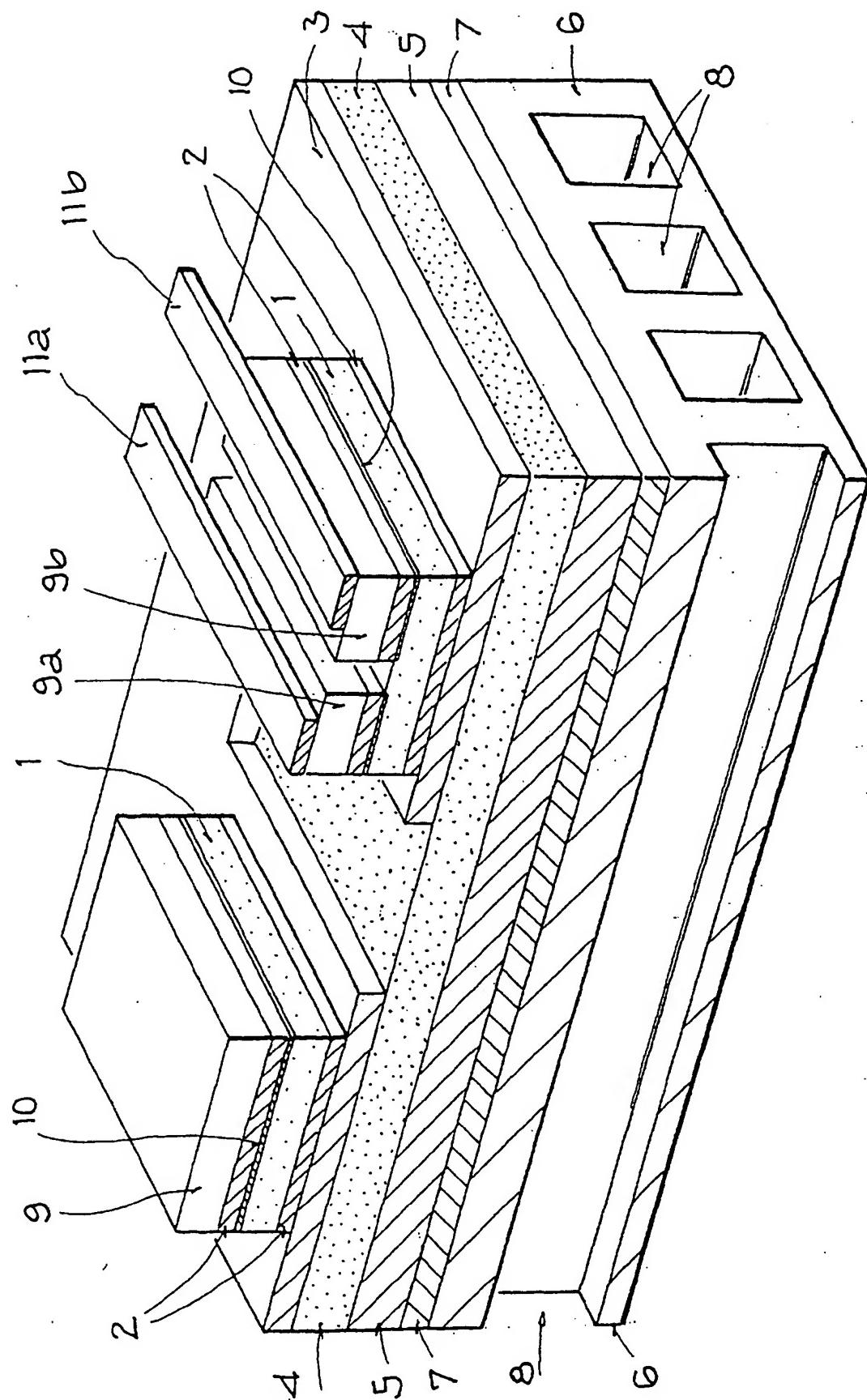


FIG. 1

